

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

Japanese Unexamined Patent Publication No. 10-3611

[Claims]

[Claim 1] A thin film magnetic head comprising a lower magnetic film, an upper magnetic film formed on the lower magnetic film so that one end contacts one end of the lower magnetic film, and the other end is opposed to the other end of the lower magnetic film with a magnetic gap provided therebetween to form a magnetic circuit, and a coil having a predetermined number of turns and formed between both magnetic films with magnetically insulating films provided therebetween so as to cross a magnetic core, wherein at least the upper magnetic film is formed by an electroplating process, and the upper magnetic film is formed on an insulating film having grooves formed therein vertically to the facing surfaces.

[Claim 2] A thin film magnetic head according to Claim 1, wherein the upper magnetic film comprises an alloy composed of Ni and Fe as main components, and having a Ni composition ratio of 40 to 60 wt%.

[Claim 3] A thin film magnetic head according to Claim 1 or 2, wherein the magnetic film is formed by using a plating bath having  $\text{Ni}^{++}$  and  $\text{Fe}^{++}$  metal ion concentrations in ranges of 5 to 20 g/l and 0.5 to 2.7 g/l, respectively, and a

concentration ratio ( $\text{Ni}^{++}/\text{Fe}^{++}$ ) of  $\text{Ni}^{++}$  metal ions to  $\text{Fe}^{++}$  metal ions of 6 to 8, and comprising a solvent, a stress relaxing agent and a surfactant at a pH of 2.5 to 3.5 and a bath temperature of 20 to 40°C.

[Claim 4] A thin film magnetic head according to Claim 1, 2 or 3, wherein the NiFe alloy further comprises at least one element selected from Co, Cr, Mo, Pd, B, In and W, which is added in an amount of 15 wt% or less in the case of Co, and in a total amount of 3 wt% or less in the case of any of the other elements.

[Claim 5] A combination type magnetic head comprising a thin film magnetic head according to Claim 1, 2, 3 or 4, and a multilayer magnetoresistive element.

[Claim 6] A magnetic recording/reproducing apparatus comprising a magnetic head according to Claim 1, 2, 3, 4 or 5.

[Means for Solving the Problem] As a result of intensive research on magnetic core materials for a thin film magnetic head, the inventors found that by depositing a NiFe alloy containing 40 to 60 wt% of Ni on an insulating film having grooves formed vertically to the facing surfaces by a plating process, a magnetic domain parallel to the facing surfaces can be stably formed, resulting in the achievement of the present invention.

[0007] Namely, when a film of the NiFe alloy containing 40 to 60 wt% of Ni formed by the plating process is used for a magnetic core of a thin film magnetic head, the film is formed on an insulating film having grooves formed therein vertically to facing surfaces to apply membrane stress in parallel to the facing surfaces. Therefore, the NiFe alloy containing 40 to 60 wt% of Ni and having a large positive magnetostriction constant is subjected to the membrane stress to obtain an appropriate magnetic domain structure in which the magnetization direction of a main domain is oriented in parallel with the facing surfaces, thereby obtaining a thin film magnetic head adaptable to a high frequency.

[0008] Furthermore, a higher saturation magnetic flux density can be obtained by adding Co to the NiFe alloy. Also, an element such as Mo, Cr, Pd, B, In, W, or the like may be added to increase resistivity and decrease an eddy current loss. As a result, a thin film magnetic head having higher frequency characteristics can be obtained.

[0009] Furthermore, by using the thin film magnetic head, a magnetic recording/reproducing apparatus having a high magnetic recording density can be obtained.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-3611

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月6日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 1 1 B 5/31

識別記号

庁内整理番号

F I

G 1 1 B 5/31

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平8-153705

(22) 出願日

平成8年(1996) 6月14日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 星野 勝美

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 佐野 雅章

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 鳴海 俊一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

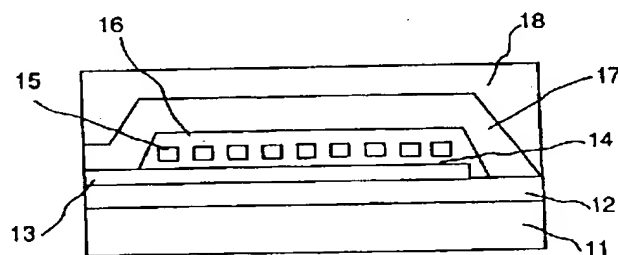
(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド及び磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 正の大きな磁歪定数を有する磁性めっき膜を記録ヘッドに用いた場合、凹凸のあるコイル上に形成された上部磁性膜の磁化は、対向面に対し垂直方向に向きやすくなる。このため、高周波における磁気特性が悪く、記録ができない。

【解決手段】 コイル15上に形成する絶縁膜14、16に、対向面に対し垂直方向に溝を形成することにより、絶縁膜14、16上に形成された上部磁性膜17は、対向面に対し平行方向に応力がかかり、磁区が対向面に対し平行に向き、適正なコアの磁区構造が得られる。

図 2



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】下部磁性膜と、上記下部磁性膜上に形成され一端が下部磁性膜の一端に接しており、他端が上記下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、磁気回路を形成する上記上部磁性膜と、上記両磁性膜の間に電氣的に絶縁された膜を介して、磁気コアと交差する所定巻回数のコイルからなり、少なくとも上記上部磁性膜が電気めっき法によって形成された薄膜磁気ヘッドにおいて、上記上部磁性膜が、対向面に対し垂直方向に溝を形成した絶縁膜上に形成されたことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】請求項1において、上記磁性膜がNiとFeを主成分とする合金からなり、Ni組成が、40～60wt%である薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】請求項1または請求項2において、めっき浴のNi++金属イオンおよびFe++金属イオン濃度範囲が、それぞれ5～20g/l、0.5～2.7g/lであり、Ni++金属イオンとFe++金属イオンの濃度比(Ni++/Fe++)が6～8である溶媒からなるめっき浴であり、かつ、応力緩和剤、界面活性剤が添加されており、pHが2.5～3.5、浴温度が20～40℃であるめっき浴から磁性膜が形成された薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】請求項1、2または3において、Ni-Fe合金に、Co、Cr、Mo、Pd、B、In、Wから選ばれる少なくとも1種類の元素が添加されており、Coの添加量は15wt%以下、その他の元素の添加量は総量で3wt%以下である薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】請求項1、2、3または4に記載の上記薄膜磁気ヘッドと多層磁気抵抗効果素子とを組み合わせた複合型磁気ヘッド。

【請求項6】請求項1、2、3、4または5に記載の上記磁気ヘッドを搭載した磁気記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高い磁気記録密度に対応した磁気ヘッド、磁気記録再生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置の高記録密度化に伴い、高い保磁力の媒体に記録できる薄膜磁気ヘッドが要求されている。そのためには、磁気ヘッドのコア材料には、高い飽和磁束密度を有し、かつ高周波特性に優れた材料を用いる必要がある。現在の薄膜磁気ヘッド材料は、パーマロイ(78wt%Ni-Fe合金)が公知であるが、飽和磁束密度が1.0Tと低く、かつ、比抵抗が20μΩcm程度と低いため、うず電流損失が大きく、高周波領域における記録磁界強度が低下する問題がある。また、他の材料として、Co系非晶質材料、センダスト(Fe-Al-Si合金)等が挙げられるが、非晶質材料は熱的に不安定であり、センダストは500℃程度の熱処理が必要であることなどから、磁気ヘッドプ

ロセス上に問題があり、実用化には至っていない。

【0003】また、高周波に対応した薄膜ヘッド材料として、40～55wt%Ni-Fe合金にNb、Ta、Cr、Mo等を添加したスパッタリング法で形成する磁性膜が提案されている(特開平3-68744号公報)。しかし、この膜をスパッタリング法で2μm以上形成すると、結晶粒は大きくなる。この膜は、大きな結晶磁気異方性を有しているため、磁気特性が劣化してしまうという問題がある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】高い磁気記録密度を有する磁気ディスク装置には、高い飽和磁束密度を有し、かつ、高周波で記録磁界強度が低下しない材料を用いた薄膜磁気ヘッドを用いることが必要である。めっき法で作製した40～60wt%Ni-Fe合金は、1.4T以上の高い飽和磁束密度を有し、5μmもの厚い膜を形成しても磁気特性は劣化しない。また、比抵抗も30μΩcm以上と高いため、うず電流損失が小さい。しかし、Ni-Fe合金の磁歪定数は40/10<sup>7</sup>と高い。このため、磁気コア形状、めっき面の凹凸等の影響を受けやすく、膜に大きな応力が働くめっき法で磁気コアを作製した場合に、良好な磁区構造が得られにくい。このため、高周波領域で高い保磁力を有する媒体に記録することが困難となっている。

【0005】本発明の目的は、薄膜磁気ヘッドの問題の解決方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、薄膜磁気ヘッドにおける磁気コア材料について、誠意研究を行った結果、40～60wt%Ni-Fe合金を、対向面に対し垂直方向に溝を形成した絶縁膜上にめっき法で形成することにより、対向面に対し平行に向いた磁区が安定して形成されることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0007】すなわち、めっき法で作製される40～60wt%Ni-Fe合金を、薄膜磁気ヘッドの磁気コアに用いる場合、対向面に対し垂直方向に溝を形成した絶縁膜上に形成することにより、膜の応力を対向面に対し平行方向にかけることができる。これにより、正の大きな磁歪定数を有する40～60wt%Ni-Fe合金は、膜の応力を受けて、主磁区の磁化が対向面に対し平行方向に向いた適正な磁区構造が得られ、高周波に対応できる薄膜磁気ヘッドが得られる。

【0008】また、Ni-Fe合金に、Coを添加することにより更に高い飽和磁束密度が得られる。また、Mo、Cr、Pd、B、In、W等の元素を添加することにより、比抵抗が高くなり、うず電流損失が低下する。これらの効果により、更に高い周波数特性を有する薄膜磁気ヘッドが得られる。

【0009】さらに、薄膜磁気ヘッドを用いることによ

り、高い磁気記録密度を有した磁気記録再生装置が得られる。

# 【0010】

## 【発明の実施の形態】

(実施例1) 図1に金属イオン濃度を变化させてめっきした磁性膜の組成と飽和磁束密度、電気抵抗率、磁歪定数の関係を示したものである。ここで、めっき浴は、表1に示す浴を用い、Ni<sup>++</sup>の濃度を变化させた。ここで、pHは3.0、浴温度は30℃、めっき電流密度は15mA/cm<sup>2</sup>とし、膜厚は約3.0μmとした。

# 【0011】

## 【表1】

表 1

NiCl <sub>2</sub> ・6H <sub>2</sub> O	34.7g/l
NiSO <sub>4</sub> ・6H <sub>2</sub> O	16.5g/l
FeSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O	7.3g/l
H <sub>3</sub> BO <sub>4</sub>	25g/l
NaCl	25g/l
サッカリンNa	1.5g/l
ラウリル硫酸Na	0.1g/l

【0012】図1に示すように、Ni含有量が40～60wt%の領域で、飽和磁束密度が1.4T以上、電気抵抗率は30μΩcm以上と従来良く知られているパーマロイ膜と比較して優れている。また、保磁力も1.0Oe以下と低い。しかし、本実施例のNi-Fe合金膜は、磁歪定数が+40/10<sup>7</sup>以上と高くなっている。このような特性は、pHが2.5～3.5の範囲、電流密度は5～30mA/cm<sup>2</sup>の範囲、浴温度は20～40℃の範囲で変化させたが、大きく変わらなかった。

【0013】図2に薄膜磁気ヘッドの断面を示す。基板11には、表面を十分に研磨、洗浄したセラミックス基板を用いた。基板11上に、下部磁性膜12として、厚さ2.8μmの窒素を含んだパーマロイ(78wt%Ni-Fe)薄膜を高周波スパッタリング法で作製した。この窒素を含んだNi-Fe膜の磁気特性は、保磁力が0.5Oe、飽和磁束密度が1.0T、磁歪定数が-1.0/10<sup>7</sup>であった。下部磁性膜12をイオンミリングにより、所定の形状にパターニング後、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる磁気ギャップ膜13をスパッタし、イオンミリング法によりパターニングを行った。次に、ホトレジストからなる絶縁膜14を塗布、露光、現像、熱処理により、所定の形状にパターニングした。絶縁膜14上に、Cuからなるコイル15をめっき法により作製後、絶縁膜16を形成、所定の形状にパターニングした。絶縁膜16上に、フレームめっき法により、厚さ3μmのNi-Fe合金からなる上部磁性膜17を形成した。最後に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる保護膜18を形成した。

【0014】図3には、上部磁性膜17のフレームめっき法による形成法を示す。基板21(図1の16に相当

する)上に、基板と磁性膜との密着性を高めるため、30nm厚のCr層22を、さらにめっきをするための電極として80nm厚の窒素を含んだパーマロイ磁性下地膜23を高周波スパッタリング法により形成した。次に、ホトレジストによりフレーム24を形成し、電気めっき法により3μm厚のNi-Fe合金磁性膜25を形成した(a)。めっき後、フレーム内のめっき磁性膜をホトレジスト26でカバーし(b)、フレーム外側のめっき膜をケミカルエッチングを用いて除去し、上部レジスト26およびフレーム24を除去する(c)。この時のめっき浴は、表1に示す組成を用いた。これにより、形成された磁性膜の組成は、46wt%Ni-Feであった。このNi-Fe合金の磁気特性を調べたところ、保磁力は0.5Oe、飽和磁束密度は1.62T、磁歪定数は+50/10<sup>7</sup>であった。

【0015】このように作製した薄膜磁気ヘッドにおける上部コアの磁区構造を観察した。磁区構造を図4に示す。通常、このような方法で薄膜磁気ヘッドを作製した場合、コイル15上に形成された絶縁膜16およびこの上に形成した上部磁性膜17は、コイル段差の影響を受け、対向面に対し、平行方向に凹凸が生じ易い。このため、磁歪定数が正で、かつ大きな磁性膜を用いた場合、膜の応力是对向面に対し垂直方向に働き、磁化が対向面に対し垂直に向きやすくなる。したがって、図4に示すような磁区構造を有する薄膜磁気ヘッドが多くなる。

【0016】これに対し、絶縁膜16を形成後、イオンビームを用いて、対向面に対し垂直方向に溝を形成した。溝の大きさは、幅約1μm、深さは約80nmとした。また、幅の間隔は1μmとした。この上にフレームめっき法により上部磁性膜17を同様に形成し、磁区構造を観察したところ、図5に示すように、磁化が対向面に対し平行方向に向いた、すなわち適正な磁区構造を有する薄膜磁気ヘッドが多く得られた。これは、溝を形成したことにより、応力が対向面に対し平行に働くことによるものと考えられる。

【0017】図5に示した磁区構造を持つ本発明の薄膜磁気ヘッドを用い、規格化した記録磁界強度の周波数依存性を調べた。これを図6に示す。磁気記録媒体には、残留磁束密度2500OeのCo-Cr-Pt系合金からなる材料を用いた。また、磁気ヘッドのトラック幅は3μmとした。図のように、従来のパーマロイ薄膜ヘッドと比較して、飽和磁束密度、電気抵抗率の高い40～60Ni-Fe合金薄膜ヘッドは、高周波でも高い記録磁界を有する。さらに、本発明の様に、磁区構造を適正化させることにより、70MHz以上の高周波領域でも、優れた記録性能を示すことがわかった。さらに、90MHzの周波数でも、15%程度しか記録磁界強度は低下しない。

【0018】本実施例では、溝をイオンビームを照射することによって形成しているが、その他の方法を用い

て、凹凸を形成しても構わない。また、溝の大きさは、作製の容易さを考慮すると、幅  $0.1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 、深さ  $50\text{nm}\sim 0.5\mu\text{m}$ 、溝間隔  $0.1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$  程度にすることが、好ましい。

【0019】（実施例2）実施例1に示しためっき浴に、 $\text{CoSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を添加して作製される厚さ  $3\mu\text{m}$  の  $\text{Ni-Fe-Co}$  薄膜の諸特性を評価した。図7に  $\text{Co}$  添加量に対する飽和磁束密度の変化を示す。図のように、 $\text{Co}$  を添加していくと飽和磁束密度は増加する。しかし、図8に示すように、 $\text{Co}$  を  $15\text{wt}\%$  以上添加すると、電気抵抗率は、大きく減少し、 $30\mu\Omega\text{cm}$  以下になってしまう。 $\text{Co}$  を  $15\text{wt}\%$  以上添加した磁性膜を薄膜磁気ヘッドに用いた場合、うず電流損失の効果が大きくなり、飽和磁束密度が増加した効果が失われるため、好ましくない。

【0020】（実施例3）実施例1に示しためっき浴に、 $\text{CrCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ を添加して作製される厚さ  $3\mu\text{m}$  の  $\text{Ni-Fe-Cr}$  薄膜の諸特性を評価した。図9に  $\text{Cr}$  添加量に対する電気抵抗率の変化を示す。図のように、 $\text{Cr}$  添加量が  $2\text{wt}\%$  以上の時に、 $60\mu\Omega\text{cm}$  程度の高い電気抵抗率が得られる。しかし、図10の飽和磁束密度の  $\text{Cr}$  添加量依存性をみると、 $\text{Cr}$  を  $3\text{wt}\%$  以上添加すると、飽和磁束密度は大きく低下し、 $1.4\text{T}$  以下となる。このため、 $3\text{wt}\%$  以上  $\text{Cr}$  を添加することは好ましくない。

【0021】本実施例では、 $\text{Cr}$  を添加した場合について述べたが、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{In}$ 、 $\text{W}$  を添加した場合も同様な効果が得られる。

【0022】（実施例4）実施例1で示した薄膜磁気ヘッドを用い、記録再生分離型ヘッドを作製した。磁気ヘッドの構造を以下に示す。図11は、磁気ヘッドの一部を切断した場合の斜視図である。磁気抵抗効果膜31をシールド層32、33で挟んだ部分が再生ヘッドとして働く。また、シールド層33は、記録ヘッドの下部磁極もかねており、コイル34を挟むシールド層33、上部磁極35の部分が記録ヘッドとして働く。この記録ヘッドは、実施例1に記載の薄膜磁気ヘッドである。また、電極38には、 $\text{Cr/Cu/Cr}$  という多層構造の材料を用いた。

【0023】以下にこのヘッドの作製方法を示す。

【0024】 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{TiC}$  を主成分とする焼結体をスライダ用の基板36とした。シールド層32、33にはスパッタリング法で形成した窒素を含んだパーマロイを用いた。各磁性膜の膜厚は、以下のようにした。上下のシールド層32、33は  $2.0\mu\text{m}$ 、上部磁極36は  $3.0\mu\text{m}$ 、各層間のギャップ材はスパッタリングで形成した  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を用いた。ギャップ層の膜厚は、シールド層と磁気抵抗効果素子間で  $0.2\mu\text{m}$ 、記録磁極間では  $0.4\mu\text{m}$  とした。磁気抵抗効果膜31には、厚さ  $20\text{nm}$  のパーマロイ膜を用いた。コイル34には膜厚1

$\mu\text{m}$  の  $\text{Cu}$  を使用した。

【0025】以上述べた構造の磁気ヘッドで、記録再生を行ったところ、最高記録周波数が  $70\text{MHz}$  以上の高周波記録が可能であることがわかった。これは、磁気ヘッドに、本発明による磁気ヘッドを用いたためであると考えられる。

【0026】本実施例では、上部シールド層33は、スパッタリング法を用いているが、めっき法を用いて形成することもできる。

10 【0027】（実施例5）実施例2で述べた本発明の磁気ヘッドを用い、磁気ディスク装置を作製した。図12に磁気ディスク装置の構造の概略図を示す。

【0028】磁気記録媒体41の記録層には、残留磁束密度  $2500\text{Oe}$  の  $\text{Co-Cr-Pt}$  系合金からなる材料を用いた。磁気ヘッド43の記録ヘッドのトラック幅は  $2.5\mu\text{m}$ 、再生ヘッドのトラック幅は  $2\mu\text{m}$  とした。磁気ヘッド43における記録ヘッドの磁気コア材料は、従来のパーマロイを用いた記録ヘッドと比較して、高抵抗、高飽和磁束密度を有し、かつ、磁極の磁区構造が良好であるため、高周波に対応した磁気ディスク装置を作製することができる。本発明の磁気ヘッドは、最高記録周波数が  $70\text{MHz}$  以上である磁気記録再生装置に有効である。

【0029】

20 【発明の効果】下部磁性膜と、下部磁性膜上に形成され一端が下部磁性膜の一端に接しており、他端が下部磁性膜の他端に磁気ギャップを介して対向し、磁気回路を形成する上部磁性膜と、両磁性膜の間に電氣的に絶縁された膜を介して、磁気コアと交差する所定巻回数のコイルからなる薄膜磁気ヘッドであり、上部磁性膜が電気めっき法によって形成された薄膜磁気ヘッドで、対向面に対し、垂直方向に溝を形成した絶縁膜上に磁性膜を形成することにより、大きな磁歪定数を有する磁性膜を用いても、磁気コアの磁区構造は良好になる。これにより、高抵抗、高飽和磁束密度を有する  $40\sim 60\text{wt}\%$   $\text{Ni-Fe}$  合金膜を記録ヘッドに用いることができる。また、この記録ヘッドを用いることにより、最高記録周波数が  $70\text{MHz}$  以上である磁気ヘッドが作製できる。さらに、磁気ヘッドを用いることにより、高性能磁気記録再生装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】  $\text{Ni}$  含有量に対する飽和磁束密度、電気抵抗率、磁歪定数の変化の説明図。

【図2】 薄膜磁気ヘッドの断面図。

【図3】 フレームめっき法の説明図。

【図4】 従来法による上部コアの磁区構造の説明図。

【図5】 本発明による上部コアの磁区構造の説明図。

【図6】 本発明の薄膜磁気ヘッドを用いた記録磁界強度の周波数依存性の特性図。

50 【図7】  $\text{Co}$  添加量に対する飽和磁束密度の変化の特性



図。

【図8】Co添加量に対する電気抵抗率の変化の特性

図。

【図9】Cr添加量に対する電気抵抗率の変化の特性

図。

【図10】Cr添加量に対する飽和磁束密度の変化の特性図。

【図11】本発明の薄膜磁気ヘッドを用いた磁気ヘッド

の斜視図。

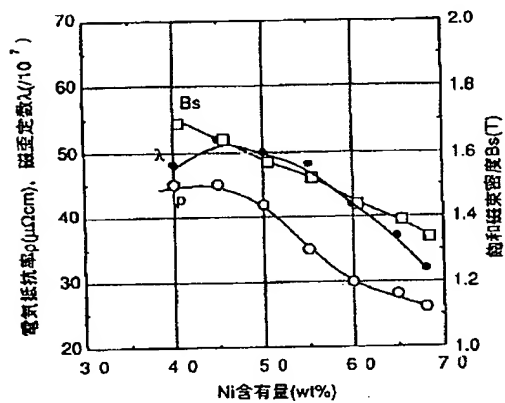
【図12】本発明の薄膜磁気ヘッドを用いた磁気ディスク装置の説明図。

【符号の説明】

11…基板、12…下部磁性膜、13…磁気ギャップ膜、14、16…絶縁膜、15…コイル、17…上部磁性膜。

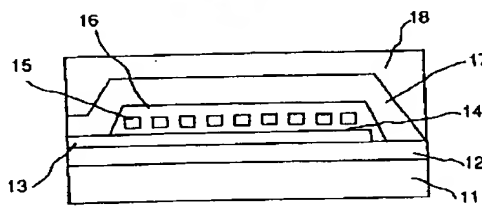
【図1】

図 1



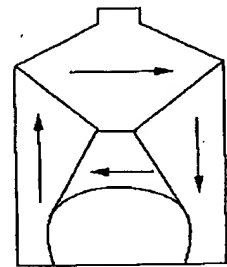
【図2】

図 2



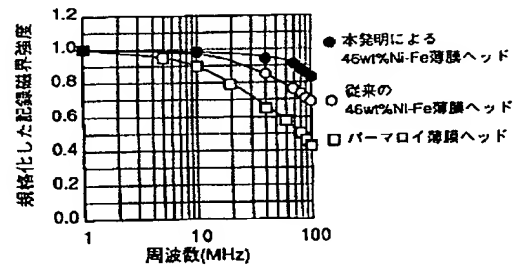
【図4】

図 4



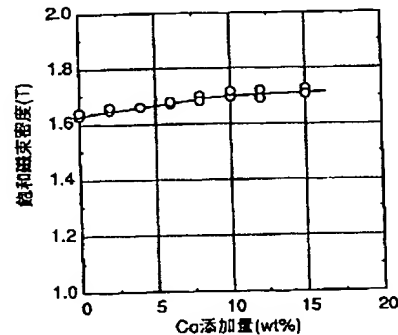
【図6】

図 6



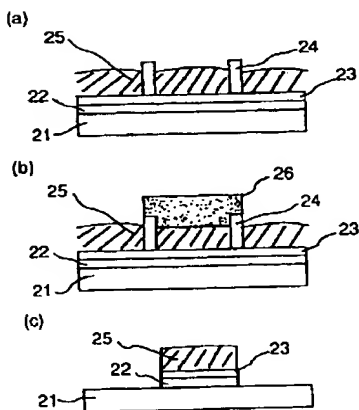
【図7】

図 7



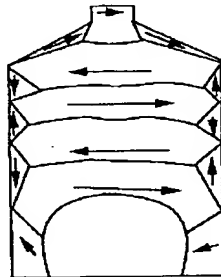
【図3】

図 3

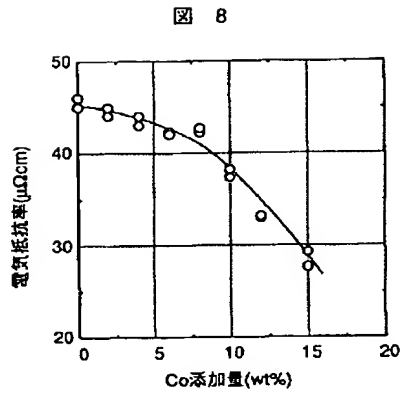


【図5】

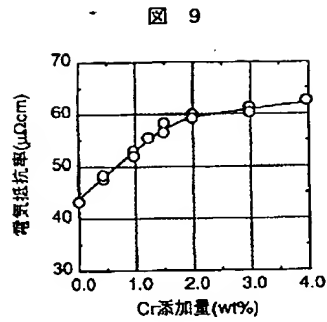
図 5



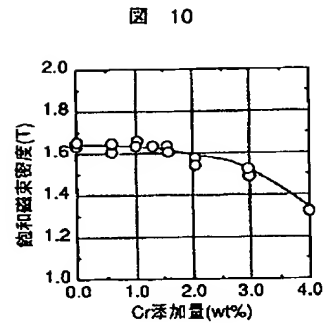
【図8】



【図9】

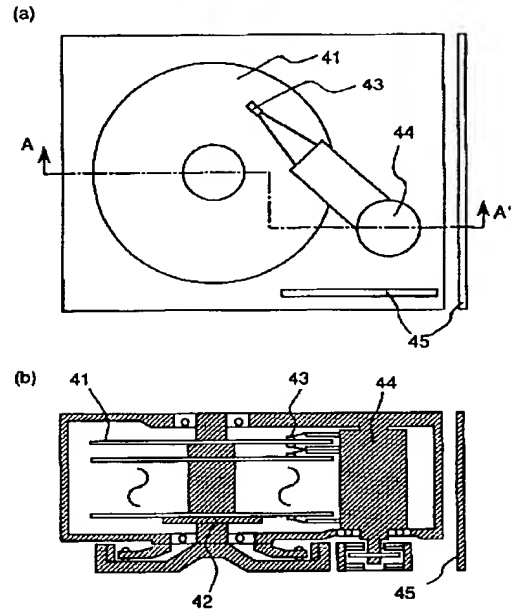
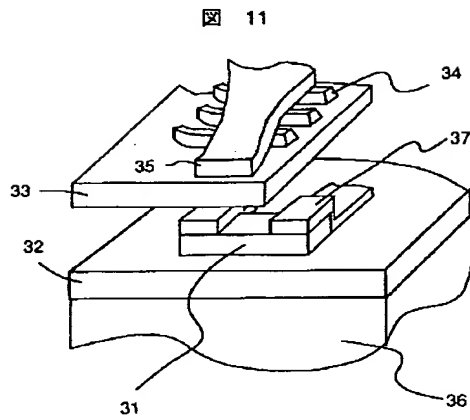


【図10】



【図12】

図 12



フロントページの続き

(72)発明者 北 芳明  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 及川 玄  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内